

**KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
DENGAN VARIASI BERAT AGREGAT DAN BINDER
PADA UMUR BETON 21 DAN 28 HARI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

ANDI YUNANTO

D 100 110 071

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER
DENGAN VARIASI BERAT AGREGAT DAN BINDER
PADA UMUR BETON 21 DAN 28 HARI**

PUBLIKASI ILMIAH


oleh:

ANDI YUNANTO

D 100 110 071

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Suhendro Trinugroho, MT.

NIK. 732

HALAMAN PENGESAHAN

**KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN VARIASI BERAT
AGREGAT DAN BINDER PADA UMUR BETON
21 DAN 28 HARI**

OLEH

ANDI YUNANTO

A 100 110 071

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari jum'at, 06 januari 2017
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Ir. Suhendro trinugroho, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Aliem Sudjtmiko, M.T.


(Anggota I Dewan Penguji)

3. Yenny Nurchasannah, S.T., MT.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., PhD.
NIK. 682

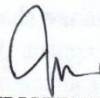
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 Januari 2017

Penulis



ANDI YUNANTO

A 100 110 071

ABSTRACT

Concrete is a building material that is composed of the main composition of coarse aggregate, fine aggregate, water, and Portland Cement. Concrete likely may often gas emission because of the gas release (carbon dioxide) generated in the cement production process. With these considerations, the development of new concrete binder called geopolymers appears. One of the materials used in the manufacture of geopolymer concrete is coal fly ash (fly ash). By making use of fly ash as a substitute ingredient of cement is considered to safeguard the environment and reduce the cost of construction. In this study, test object used is cylindrical with a diameter of 15cm and height 30cm. Tests carried out at the time of compressive strength of concrete were 21 and 28 days. The present study aims to determine the compressive strength of geopolymer concrete with material possible variation of constituent materials aggregate with a ratio that is 75:25, 30:70, 35:65 and 40:60 and the variation of the curing at 21 and 28 days. This design refers to earlier research by (Sugeng, 2013). Number of test object used in variation is 3 specimens, so that the number of test object used is 12 objects. The test object is a cylinder with a diameter of 15cm and height 30cm. The compressive strength of concrete compressive strength at the curing time of 21 and 28 days and the variation of the curing at 21 and 28 days is 72.20 MPa. At 21 days curing time of 21 and 28 days and the variation of the curing at 21 days was 1.491

KUAT TEKAN BETON *GEOPOLYMER* DENGAN VARIASI BERAT AGREGAT DAN BINDER PADA UMUR BETON 21 DAN 28 HARI

ABSTRAK

Beton merupakan material bangunan yang tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland. Akhir-akhir ini beton semakin sering mendapatkan kritik, karena emisi gas rumah kaca (karbondioksida) yang dihasilkan pada proses produksi semen. Dengan pertimbangan tersebut maka dikembangkan bahan pengikat beton baru yang disebut beton *geopolymer*. Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan beton *geopolymer* adalah abu terbang batu bara (*fly ash*). Dengan memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari semen dinilai dapat menjaga lingkungan dan mengurangi biaya konstruksi. Pada penelitian ini benda uji yang digunakan yaitu silinder, dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat beton berumur 21 dan 28 hari. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton *geopolymer* yang paling maksimum dengan variasi perbandingan bahan penyusun, agregat dengan binder yaitu 75:25, 30:70, 35:65 dan 40:60 dan dengan variasi umur beton 21, 28 hari. *Mix design* mengacu pada penelitian sebelumnya Prasetyo, G.B (2015). Jumlah benda uji pada masing-masing variasi adalah 3 benda uji, sehingga jumlah benda uji keseluruhan berjumlah 24 buah. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* pada variasi perbandingan bahan penyusun 25:75 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 0.314 MPa, dan pada 28 hari adalah 0.720 MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 30:70 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.491 MPa, dan pada 28 hari adalah 2.055 MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 35:65 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 1.807 MPa, dan pada 28 hari adalah 2.192 MPa. Pada variasi perbandingan bahan penyusun 40:60 dan pada variasi umur beton 21 hari adalah 0.854 MPa, dan pada 28 hari adalah 1.699 MPa. Dapat disimpulkan bahwa variasi bahan penyusun beton *geopolymer* yang paling maksimum pada perbandingan 35:65 pada umur 28 hari.

Kata kunci : alkaline activator, beton *geopolymer*, *fly ash*, lama umur beton

ABSTRACT

Concrete is a building material that is composed of the main composition of coarse aggregate, fine aggregate, water, and Portland Cement. Concrete lately more often get criticism, because of greenhouse gas emissions (carbon dioxide) generated in the cement production process. With these considerations, the development of new concrete binder called *geopolymer* concrete. One of the materials used in the manufacture of *geopolymer* concrete is coal fly ash (*fly ash*). By making use of *fly ash* as a substitute ingredient of cement is considered to safeguard the environment and reduce the cost of construction. In this study, the test object used is cylindrical, with a diameter of 15cm and height 30cm. Tests carried out at the time of compressive strength of concrete were 21 and 28 days. The present study aims to determine the compressive strength of *geopolymer* concrete with maximum possible variation of constituent materials, aggregate with a binder that is 75:25, 30:70, 35:65 and 40:60 and the variation of the concrete 21, 28 days. *Mix design* refers to earlier research Prasetyo, G.B (2015). Number of test objects on each variation is 3 specimens, so that the number of test objects totaling 24 pieces. The test object is a cylinder with a diameter of 15cm and height 30cm. Data from *geopolymer* concrete compressive strength test on the variation ratio of 25:75 and the constituents of the concrete age variation of 21 days was 0.314 MPa, and at 28 days is 0720 MPa. At

30:70 constituent material ratio variation and the variation of the concrete life of 21 days was 1,491 MPa, and at 28 days was 2,055 MPa. At 35:65 constituent material ratio variation and the variation of the concrete life of 21 days was 1,807 MPa, and at 28 days was 2,192 MPa. At 40:60 constituent material ratio variation and the variation of the concrete life of 21 days is 0854 MPa, and at 28 days was 1.699 MPa. It can be concluded that the variations of geopolymer concrete building blocks the maximum at 35:65 ratio at 28 days.

Keyword : alkaline activator, *geopolymer* concrete, *fly ash*, long life of concrete

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu campuran material yang digunakan bangunan modern oleh masyarakat. Bahan dasar beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengikat dan air. Beton biasanya digunakan untuk bahan bangunan yang bersifat permanen seperti pada konstruksi bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Dengan adanya perkembangan pembangunan infrastruktur yang sangat pesat, yang juga mempengaruhi nilai jual harga bahan material bangunan yang cukup mahal. Oleh karena itu pemakaian campuran material beton menggunakan bahan yang mudah diperoleh, harga murah dan menghasilkan kualitas yang baik. Kualitas yang baik tergantung pada bahan campurannya. Bahan campuran yang sangat penting dalam pembuatan beton adalah semen. Produksi semen semakin hari semakin meningkat, dikarenakan pembangunan infrastruktur yang semakin banyak.

Ketersediaan semen di alam yang semakin sedikit maka diperlukan alternatif lain untuk pengganti semen dalam campuran beton yang menghasilkan beton ramah lingkungan dan harga lebih terjangkau. Diantaranya melalui pengembangan beton dengan menggunakan bahan pengikat organik seperti alumina-silikat *polymer*, atau yang dikenal dengan *geopolymer*, yang merupakan sintesa dari material geologi yang terdapat pada alam yang kaya akan kandungan silica dan alumina (Davidovits, 1999).

Unsur-unsur *geopolymer* diantaranya pada material anorganik seperti alumina-silikat (*polymer*) atau disebut (*geopolymer*) yang dapat beraksi secara kimia dengan cairan alkaline pada temperature tertentu agar menghasilkan campuran yang memiliki sifat seperti semen.

Berdasarkan uraian diatas penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton *geopolymer* pada perbandingan variasi bahan penyusun (25:75) s/d (40:60) dan variasi umur betonnya (21 dan 28 hari)

Beton adalah hasil pencampuran bahan bangunan yang berupa semen, agregat, dan air. Juga bisa ditambahkan bahan tambahan seperti bahan kimia, ataupun bahan limbah organik maupun non organik sesuai presentase yang ditentukan.

Geopolymer adalah bahan material yang ramah lingkungan dan bisa dikembangkan sebagai alternatif pengganti semen. Bahan dasar yang utama untuk pembuatan beton *geopolymer* yaitu bahan yang banyak mengandung silikon dan alumunium. Unsur tersebut terdapat banyak pada material buangan hasil industri, seperti abu terbang (*fly ash*) sisa pembakaran batu bara. Untuk melarutkan unsur silikon dan alumunium, serta memungkinkan terjadinya reaksi kimiawi digunakan larutan yang bersifat alkalis. Bahan material geopolimer tersebut bila digabungkan dengan agregat batuan, akan menghasilkan beton *geopolymer* tanpa menggunakan semen lagi.

Binder adalah bahan pengikat dalam campuran beton (disebut *binder* beton *geopolymer*) yang terdiri dari *fly ash* dan alkaline aktivator yang berupa sodiumsilikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH).

Beton *geopolymer* adalah campuran beton di mana penggunaan material Semen Portland sebagai bahan pengikat digantikan oleh bahan lain seperti abu terbang (*fly ash*), abu kulit padi (*rice husk ash*), dan lain-lain yang banyak mengandung silika dan alumunium (Davidovits, 1997).

Material penyusun utama untuk membuat bahan pengikat beton *geopolymer* terdiri dari 2 komponen yaitu komponen solid yang memiliki kandungan Silika (Si) dan Alumina (Al) yaitu *fly ash* dan komponen alkaline aktivator yang berupa sodium silikat dan sodium hidroksida. Dan bahan lainnya sama seperti beton pada umumnya yaitu agregat kasar, agregat halus dan air.

2. METODE

Metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Penelitian laboratorium merupakan suatu kegiatan yang berkaitan dengan menguji kebenaran suatu hipotesis guna mencari pengaruh, hubungan ataupun perubahan. Pada penelitian ini pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, penelitian dilakukan dengan cara pengujian benda uji untuk mengetahui kuat tekan beton *geopolymer* optimum pada variasi perbandingan bahan penyusun (25:75 s/d 40:60) pada umur beton 21 dan 28 hari.

Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, tahap pertama yang yaitu persiapan. Pada tahapan pertama yaitu mempersiapkan bahan material dan alat-alat yang akan digunakan sebelum melakukan penelitian agar sesuai dengan spesifikasi. Tahapan kedua yaitu melakukan pengujian terhadap bahan material yang akan digunakan guna mengetahui berapa banyak kandungan bahan organik yang terdapat pada pasir yang akan digunakan sebagai campuran adukan mortar. Tahapan yang ketiga yaitu perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan benda uji, pada tahap ini dirancang perencanaan campuran (*mix design*) dengan perbandingan agregat dan *binder* pada campuran beton adalah 25% : 75%; 30% : 70%; 35% : 65%; dan 40% : 60%. Bahan-bahan material

yang akan digunakan harus sesuai dengan rancangan campuran beton, pembuatan adukan beton menggunakan alat molen minimixer dengan kapasitas 0,6 m³ setara dengan pembuatan benda uji 6 silinder, untuk mendapatkan hasil adukan yang homogen. selanjutnya dilakukan pengujian slump untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton agar nilai slump yang direncanakan dapat tercapai. Setelah mendapatkan nilai slump kemudian mix design dituangkan ke dalam cetakan, benda uji dicetak menggunakan cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Tahapan yang keempat adalah perawatan beton setelah beton mulai mengeras, perawatannya dengan cara direndam ke dalam air dalam kondisi suhu ruangan selama umur 21 dan 28 hari. Tahap yang kelima yaitu Pengujian Benda Uji pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dilakukan pada umur beton 21 dan 28 hari. Tahap yang keenam adalah Analisis Data yaitu data-data yang telah diperoleh dari hasil kemudian dianalisis dan dihitung. Tahapan yang terakhir yaitu membuat kesimpulan sehingga dari data yang sudah didapat dan dianalisis dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penelitian.

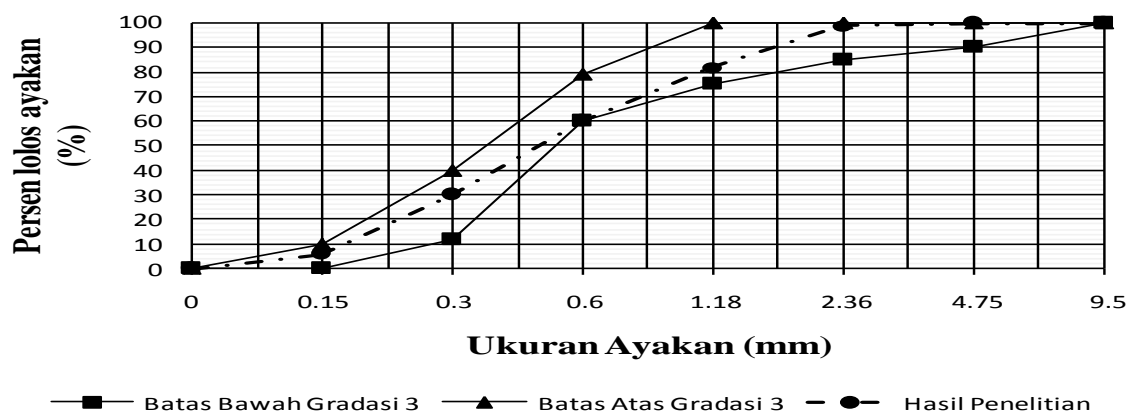
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pemeriksaan agregat halus yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Hasil pemeriksaan agregat halus.

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Kandungan organik	No.2 (Orange)	1 - 5	SNI 03-2816-1992	Memenuhi syarat
Pemeriksaan SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	1,47	< 3,8	-	Memenuhi syarat
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,46	-	SNI 03-1970-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,86	-	SNI 03-1970-1990	-
3). Berat jenis semu	2,74	-	SNI 03-1970-1990	-
Absorbtion%	4,17%	< 5%	SNI 03-1970-1990	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	1,04%	< 5%	-	Memenuhi syarat
Gradasi pasir	Daerah III	Daerah III	SNI 03-2384-1992	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	3,23	1,5-3,8	-	Memenuhi syarat



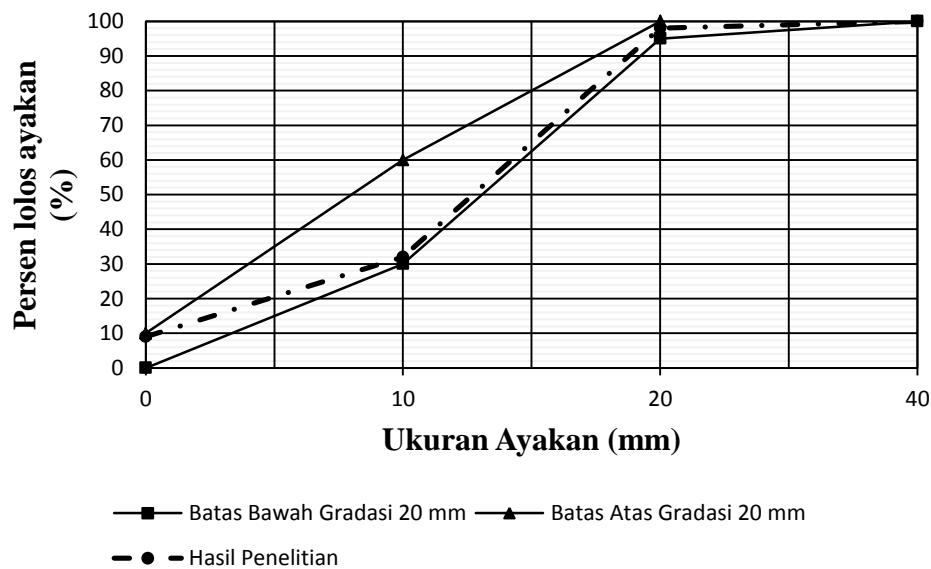
Gambar 3.1. Hubungan antara Ukuran Ayakan dengan Persen Butir Lolos.

3.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan agregat kasar yang telah dilaksanakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Hasil pemeriksaan agregat kasar.

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Persyaratan	Standar SNI	Keterangan
Berat jenis				
1). Berat jenis bulk	2,33	-	SNI 03-1969-1990	-
2). Berat jenis SSD	2,39	-	SNI 03-1969-1990	-
3). Berat jenis semu	2,48	-	SNI 03-1969-1990	-
Absorbtion%	2,51	< 3%	SNI 03-1969-1990	Memenuhi syarat
Keausan	36%	< 40%		Memenuhi Syarat
Modulus halus butir	7,37	5 – 8	-	Memenuhi syarat



Gambar 3.2. Hubungan antara Ukuran Ayakan dengan Persen Butir Lolos.

3.3 Hasil Pengujian Flay Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dari pembakaran batu bara di PLTU Jepara. Pengujian terhadap bahan baku fly ash dilakukan untuk mengetahui kandungan kimia dari fly ash. Pada penelitian ini data hasil pengujian fly ash sudah tersedia dan diperoleh dari PT. Jaya Ready Mix Sukoharjo.

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Kandungan Kimia *Fly Ash*

No	Komposisi Kimia	Persentase (%)
1	SiO ₂	45,27
2	Al ₂ O ₃	20,07
3	Fe ₂ O ₃	10,59
4	TiO ₂	0,82
5	CaO	13,32
6	MgO	2,83
7	K ₂ O	1,59
8	Na ₂ O	0,98
9	P ₂ O ₅	0,41
10	SO ₃	1,00
11	MnO ₂	0,07

(Sumber: hasil pengujian fly ash PT. Jaya Ready Mix oleh Sucofindo)

Dari data hasil pengujian kandungan kimia fly ash pada Tabel 3.3. didapatkan data yang didominasi oleh unsur silika-besi- dan alumina. Dari kadar (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) diperoleh sebesar 75,93%. Sedangkan batas (SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) kelas C minimal 50 % dan kelas F(SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃) minimal 70%. Dapat disimpulkan bahwa fly ash dari PT. Jaya Ready Mix masuk pada kelas F(ACI Manual of Concrete Practice 1993Part 1 226.3R-3).

3.4 Perencanaan Adukan Beton

Kebutuhan bahan didapat menurut perbandingan massa benda uji. Hasil perencanaan campuran adukan dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4. Perencanaan campuran adukan beton geopolimer untuk setiap sampel.

Beton	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Ag.Halus	Ag.Kasar	<i>Fly Ash</i>	Air
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(Lt)
25:75	0.59	0.236	3.1793	6.3585	2.353	0.588
30:70	0.71	0.284	2.9673	5.9346	2.823	0.706
35:65	0.825	0.33	2.7553	5.5106	3.294	0.824
40:60	0.945	0.378	2.5434	5.0868	5.087	0.941

(Sumber : hasil pengujian)

Dari Tabel 3.4. diperoleh data hasil perencanaan campuran adukan beton *geopolymer* untuk setiap sampel, dalam penelitian ini penggunaan kebutuhan air yang digunakan dalam pencampuran dilapangan mungkin berbeda dengan perhitungan penggunaan kebutuhan air dalam perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*. Hal tersebut bisa saja terjadi karena tingkat kesulitan dalam proses pencampuran adukan beton *geopolymer* dan pengaruh kondisi real dilaboratorium fakultas Teknik Sipil UMS. Maka dalam perhitungan campuran adukan setiap sampel beton

dilaboratorium, kebutuhan air bisa dikurangi 10% atau ditambahkan 10% dari perencanaan awal campuran adukan beton *geopolymer*.

3.5 Kekentalan Adukan Beton

Dalam penelitian ini pengujian *slump* bertujuan untuk mengetahui kekentalan adukan beton agar memenuhi persyaratan yang diinginkan. Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut yang berdiameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi kerucut 30 cm. Hasil pengujian nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5.1. Hasil pengujian nilai *slump*.

Waktu Pencampuran	Nilai Slump (cm)			
(menit)	25 : 75	30 : 70	35 : 75	40 : 60
7,5	22,5	6	14	24

(Sumber : hasil pengujian)

Dari Tabel 3.5 pada perbandingan 25:75 dan 40:60 tidak dapat digunakan dalam pembuatan struktur dikarenakan tidak masuk dalam spesifikasi nilai slump. Pada perbandingan 30:70 dapat digunakan dalam plat pondasi, pondasi telapak bertulang, pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, konstruksi dibawah tanah, jalan beton bertulang dan pembetonan massal. Pada perbandingan 35:75 dapat digunakan dalam plat (lantai), balok, kolom dan dinding.

Tabel 3.5.2. Spesifikasi nilai slump

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat [lantai], balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

Dari Tabel 3.5. menunjukkan bahwa pada waktu pencampuran yang tepat akan menghasilkan mutu beton yang tinggi. Hal ini disebabkan karena pada waktu pencampuran yang tepat akan menghasilkan sebuah campuran yang homogen.

3.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton *compress testing mechine*.

Hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh dengan cara mengukur beban maksimum yang dapat ditahan kemudian dibagi dengan luas penampang benda uji tersebut

Tabel 3.6.1. Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 25 : 75.

Umur Beton (hari)	berat (Kg)	P max (N)	Luas (mm ²)	D benda uji (mm)	T benda uji (mm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
21	10.420	23000	70650	150	300	0.326	0.314
21	9.840	21000	70650	150	300	0.297	
21	10.340	22500	70650	150	300	0.318	
28	10.285	44000	70650	150	300	0.623	0.720
28	10.190	55500	70650	150	300	0.786	
28	10.795	53200	70650	150	300	0.753	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 3.6.2. Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 30 : 70.

Umur Beton (hari)	berat (Kg)	P max (N)	Luas (mm ²)	D benda uji (mm)	T benda uji (mm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
21	11.045	115000	70650	150	300	1.628	1.491
21	11.605	93500	70650	150	300	1.323	
21	11.215	107500	70650	150	300	1.522	
28	10.970	149000	70650	150	300	2.109	2.055
28	11.270	134000	70650	150	300	1.897	
28	10.920	152500	70650	150	300	2.159	

(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 3.6.3. Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 35 : 65.

Umur Beton (hari)	berat (Kg)	P max (N)	Luas (mm ²)	D benda uji (mm)	T benda uji (mm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
21	10.895	121500	70650	150	300	1.720	1.807
21	10.750	140500	70650	150	300	1.989	
21	10.150	121000	70650	150	300	1.713	
28	10.805	156000	70650	150	300	2.208	2.192
28	10.215	151000	70650	150	300	2.137	
28	10.920	157500	70650	150	300	2.229	

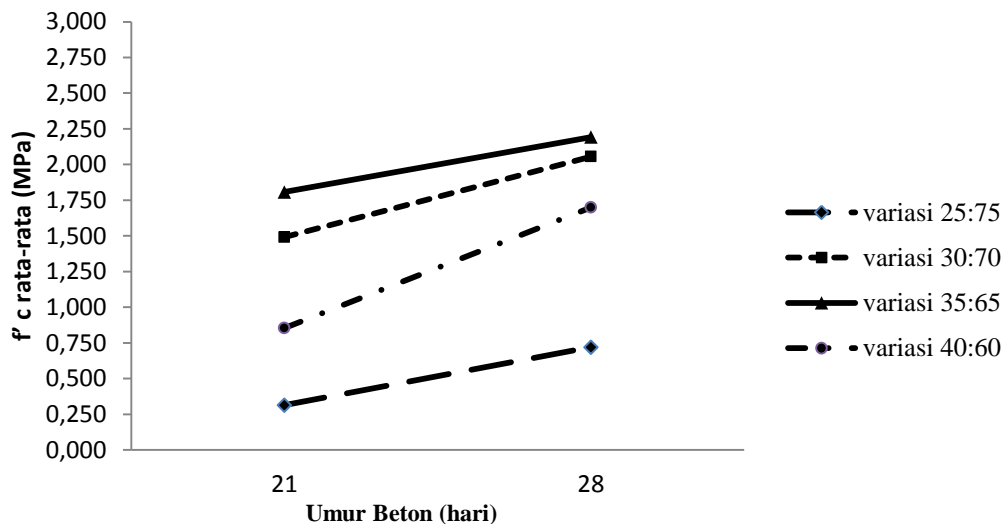
(Sumber : hasil pengujian)

Tabel 3.6.4. Data hasil pengujian kuat tekan beton *geopolymer* 40 : 60.

Umur Beton (hari)	berat (Kg)	P max (N)	Luas (mm ²)	D benda uji (mm)	T benda uji (mm)	f _c (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
21	11.070	58000	70650	150	300	0.821	0.854
21	10.335	52500	70650	150	300	0.743	
21	10.525	70500	70650	150	300	0.998	
28	9.940	126500	70650	150	300	1.791	1.699

28	10.300	127000	70650	150	300	1.798	
28	10.350	106500	70650	150	300	1.507	

(Sumber : hasil pengujian)



Gambar 3.6 Hubungan antara Kuat Tekan Beton *Geopolymer* dengan Umur Beton (hari).

Dari data yang diperoleh pada Tabel 3.6.1, Tabel 3.6.2, Tabel 3.6.3, dan Tabel 3.6.4. Terdapat 2 jenis variasi waktu umur beton yang digunakan untuk beton yaitu 21 dan 28. Untuk beton *geopolymer* 25:75, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton *geopolymer* 30:70, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton *geopolymer* 35:65, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Untuk beton *geopolymer* 40:60, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan variasi waktu umur beton 28 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada waktu umur beton 28 hari adalah waktu yang paling tepat untuk lama waktu umur beton *Geopolymer*.

Adapun perihal untuk variasi waktu lama umur beton terhadap mutu beton. Dapat disimpulkan jika dalam variasi lama umur beton bahwa beton *geopolymer* memerlukan proses yang agak lambat dalam penambahan kekuatan betonnya.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada BAB V, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan tertinggi beton *geopolymer* adalah 2.192 MPa, pada umur beton 28 hari untuk beton *geopolymer* dengan variasi bahan penyusun 35%:65%.
2. Dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa beton *geopolymer* memerlukan proses yang agak lambat dalam penambahan kekuatan betonnya.

Tabel 4. Data Kenaikan Beton Mutu Normal

Beton Normal (25 MPa)	Kekuatan Tekan beton (%)	
Umur Beton (hari)	21	28
PBI 1971	95,0	100,0

3. Proses pembuatan beton *geopolymer* meliputi, mencampur agregat dengan *binder*, *binder* ini terdiri dari *fly ash* dan larutan activator yang dicampur sampai homogen, dan terakhir ditambahkan air sesuai *mix design*. Aduk semua material yang sudah dimasukkan sampai mendapatkan kondisi homogen.

Dari kesimpulan di atas maka dapat dibuat suatu saran-saran sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan beton *geopolymer* ini memerlukan proses yang agak lambat dalam penambahan kekuatan betonnya maka dibutuhkan waktu yang lama dalam perawatannya.
2. Proses adukan beton *geopolymer* dianjurkan pada suhu dibawah 20°C untuk memperlambat *setting time* pada pengikatan awal sehingga beton mudah diaduk atau meningkatkan *workability*.
3. Selama pelaksanaan pekerjaan pembuatan beton *geopolymer* ini, sebaiknya menggunakan perlengkapan pelindung seperti masker dan sarung tangan karena *fly ash* dan zat kimia yang digunakan sangat berbahaya bagi tubuh manusia.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Allah S.W.T, yang telah melancarkan penelitian ini. Terima kasih juga kepada kedua orang tua yang tiada henti mendoakan. Terima kasih kepada bapak Ir. Suhendro Trinugroho, MT. Dan tidak lupa juga teman-teman yang selalu membantu di dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 03-1974-1990, S. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Penerbit Badan Standar Nasional.
- 232.2R-03, A. (2003). *Use of Fly Ash in Concrete*. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan: ACI Committee 232.
- C618-03, A. (2003). *Standard Specification for Calcinated Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. US: ASTM International.
- Davidovits, J. (1999). *Chemistry of Geopolymer System, Terminology*. France: Paper presented at the Geopolymer '99 International Conference, Saint-Quentin.

- Ekaputri, J. d. (2007). *Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif*. Jurnal PONDASI, vol 13 no 2 hal. 124-134.
- Kasyanto, H. (2012). *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer berbahan Dasar Fly Ash dengan Aktivator Sodium Hidroksida dan Sodium Silikat*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- Prasetyo, G. B. (2015). *Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolymer dengan Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Semen*. Laporan Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- R-92, A. 3. (1993). *State-of-the-Art Report of High Strength Concrete*. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and General Properties of Concrete.
- Riger, M. (2014). *Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Manado: Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi .
- Sutanto, E. H. (2005). *Penelitian Beton Geopolymer dengan Fly Ash untuk Beton Struktural*. TA No : 15111415/SIP/2005. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K. (1992). *Tekhnologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.